

УДК 622.286:622.19

Д. Д. Виговська (канд. техн. наук)

Д. Д. Виговський (канд. техн. наук)

Т. П. Пікульова (студ.)

Донецький національний технічний університет, Донецьк

ДОСВІД ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ «БІЛОЗЕРСЬКА»

В статті розглянутий досвід очищення шахтних вод поверхневим і підземним способом на прикладі шахти «Білозерська»

Ключові слова: шахтні води, забруднення, очищення, освітлювання води, повторне використання води, екологічне середовище.

Проблема охорони водних ресурсів від забруднення неочищеними стічними водами шахт набуло особливої важливості, тому що підприємства вугільної промисловості характеризуються як постачальники великого об'єму скидаємих вод. Шахтні води забруднені механічними і органічними домішками, відрізняються підвищеним солевмістом, що представляє реальну небезпеку забруднення поверхневих і підземних вод.

Відомо також, що підприємства вугільної промисловості виробляють споживання води на виробничі потреби. Понад 70% загального споживання води шахтою складає питна вода, що використовується для зрошення гірничих виробок, в адміністративно-побутових комбінатах, котельних, компресорних і холодильних установках. І тільки незначна частина шахтної води, що видається на поверхню, використовується для технологічних цілей у гірничих виробках.

В результаті, доцільним рішенням даної проблеми є ефективно очищення шахтних вод, яка має на меті поповнення запасів прісної води, що використовується на технологічні потреби підприємства, поліпшення якості води перед скиданням у водний об'єкт, а також можливості використання у технологічних процесах інших галузей промисловості та сільського господарства [1].

Вибір оптимальної технологічної схеми очищення шахтних вод це дуже складне завдання, тому що в шахтних водах міститься велика кількість домішок, а вимоги до якості води пред'являються високі. При виборі способу очищення від домішок враховують не тільки їх склад у стічних водах, а й відповідність санітарно-гігієнічним та технологічним вимогам споживача. При скиданні у водний об'єкт орієнтуються на екологічні вимоги – ГДС (гранично допустимий скид) і ГДК (гранично допустима концентрація речовин), яким повинна відповідати очищена вода, а при використанні очищених стічних вод у виробництві на ті вимоги, які пред'являються для конкретних технологічних процесів.

Використання технологічної схеми очищення має також забезпечувати максимальне використання очищених вод в основних технологічних процесах і мінімальний їх скид у водні об'єкти.

Одним з таких напрямків запобігання забруднення водоймів та раціонального використання водних ресурсів є оборотні системи водопостачання, які представляють собою багаторазове використання води з можливими мінімальними скидами.

У зв'язку з технологічними особливостями стічних вод та вимогами до якості очищених вод неможливо вибрати одну універсальну технологічну схему, яка в усіх випадках забезпечувала б необхідний ступінь очищення і одночасно була б найбільш економічною.

В даний час на шахті «Білозерська» шахтна вода в об'ємі до 430 м³/ч видається на поверхню, де відбувається її знезараження. Далі шахтна вода надходить у 3-х секційний горизонтальний відстійник ємкістю 2400м³, де відбувається часткове освітлення та знезараження рідким хлором. Схема очищення шахтної води приведена на рис.1. Після контактного резервуара з відкритого лотку вода самопливом відводиться у ставки-освітлювачі № 1 ємкістю 30 тис.м³ та № 2 ємкістю 58 тис.м³. Зі ставок-освітлювачів очищена вода скидається у ставок господарство ім. Ватутіна і далі по балці Червоний Яр відводиться в річку Бик. Показники якості шахтної води представлені в табл.1.

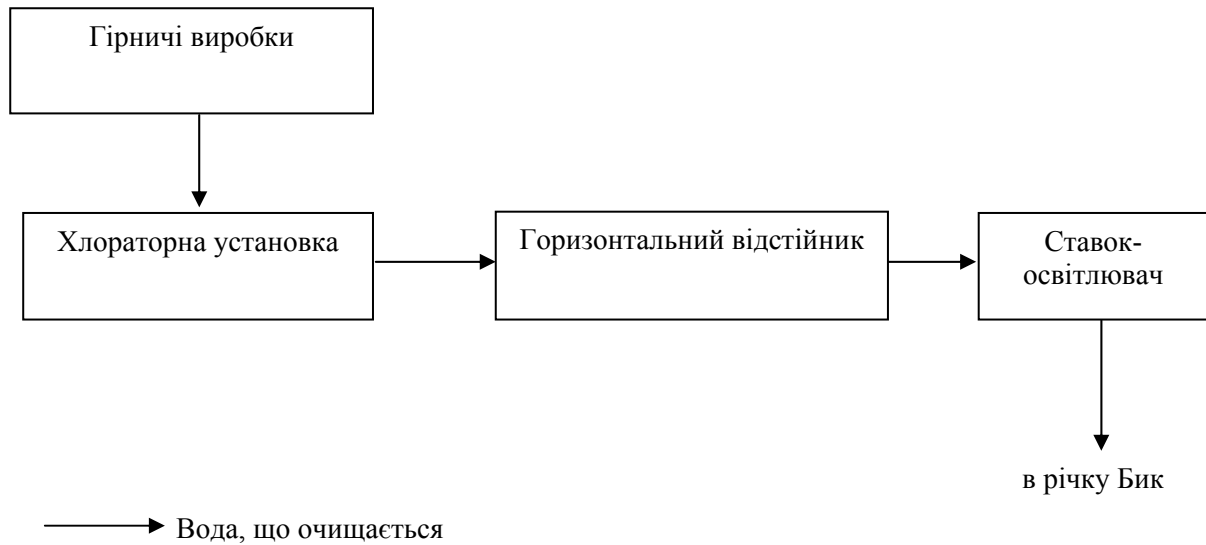


Рис. 1. Блок-схема очищення шахтних вод на підприємстві

Таблиця 1 – Показники якості шахтної води

№	Показник	Од.	Значення
1	Середній вміст завислих речовин	мг/л	156
2	Зміст нафтопродуктів	мг/л	0,79
3	Процентний зміст суспензій	%	
4	pH		7,3
5	Іонний склад шахтних вод:	мг/л	
	Ca ²⁺		240,48
	Mg ²⁺		206,72
	Cl ⁻		1035,14
	SO ₄ ²⁻		1545,59
6	Приплив шахтних вод	м ³ /доб	10357

Поверхнєве очищення шахтних вод. Техногенний вплив на навколишнє середовище в районі шахти «Білозерська» є досить потужним. Особливо фактором підвищує цей вплив є скидання шахтних вод в річку Бик. Хімічний склад вод, що скидаються відрізняється від необхідного гранично допустимого скидання шкідливих речовин в природний водний об'єкт, в більшу сторону, що сприяє підвищенню забрудненості вод річки Бик. Це є наслідком неефективної роботи існуючих наземних очисних споруд.

Важливим етапом при скиданні шахтних вод є забезпечення належної якості води. Це досягається за рахунок ефективного очищення вод, тобто їх обробкою з метою знищення і видалення з них шкідливих домішок. Очищення шахтних вод полягає в освітленні, знезараженні, демінералізації, зниження кислотності, обробки та утилізації осаду і т.п.

Для ефективного використання шахтних вод на шахті «Білозерська» прийнята схема поверхневого очищення шахтних вод [2], яка представлена на рис.2.

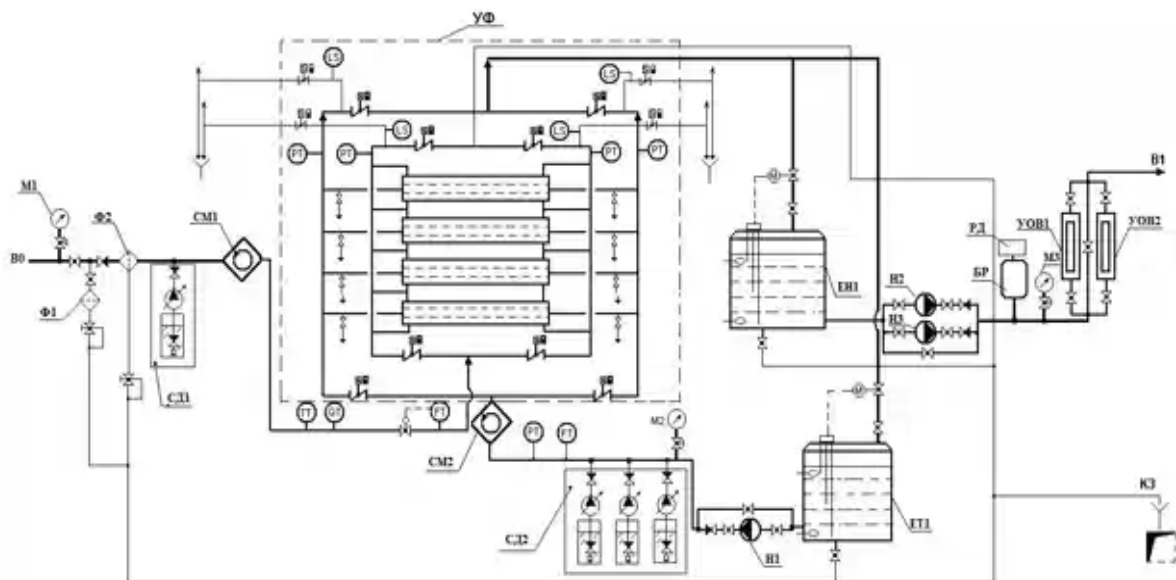


Рис. 2. Технологічна схема ультрафільтраційної установки очистки шахтних вод
 Ф1, Ф2 – сітчасті фільтри; СМ1, СМ2 – змішувачі; УФ – ультрафільтраційний блок;
 ЕТ1 – технологічна ємність; ЕН1 – накопичувальна ємність; СД1, СД2 – станції дозування;
 М1-М3 – манометри; БР – бак-акумулятор; Н1 – промивної насос; Н2, Н3 – насоси мережевий
 насосної станції; УОВ1, УОВ2 – ультрафіолетові лампи; В0 – трубопровід подачі вихідної
 води; В1 – трубопровід подачі очищеної води споживачам; К3 – трубопровід відведення
 фільтраційних стоків

Вихідна вода по трубопроводу подається на сітчастий фільтр, який затримує грубодисперсні завислі речовини і запобігає їх потрапляння в мембранні елементи. Періодично здійснюється промивка фільтра для видалення і скидання накопичених забруднень в дренаж. Після сітчастого фільтра перед ультрафільтраційними мембранами в потік води вводяться хімічні реагенти: розчин флокулянту і гідроксиду натрію. Ультрафільтраційні мембрани – це модулі, які містять кілька тисяч капілярів з внутрішнім діаметром 0,7-1,0 мм. Матеріал капілярів - поліефірсульфон зі спеціальними добавками (PES). Це гідрофільний матеріал, стійкий до нашаруванню органічного осаду. Площа фільтрації одного модуля від 30 до 70 кв.м. Потік

рухається зсередини назовні, тобто подається вода протікає всередині капілярів, а фільтрат виходить назовні крізь їхні стінки. Можливо і зворотний напрямок фільтрації. Введення флокулянту в потік води сприяє утворенню великих агрегатів з дрібнодисперсних частинок і збільшення гідравлічної крупності органічних молекул, які потім добре затримуватимуться мембранами. Введення луку підвищувало рН, що необхідно для повноти проходження процесу флокуляції. При цьому досягається очищення води від органічних сполук і зниження кольоровості. Після проходження через ультрафільтраційний блок, де відбувається освітлення, знебарвлення і знезалізнення води, а також видалення бактерій і вірусів, очищена вода надходить у технологічну і накопичувальну ємності. З накопичувальної ємності вода насосом подається споживачам.

Періодично в автоматичному режимі здійснюється промивка мембранних елементів: один раз в 40-50 хвилин зворотним струмом очищеної води з технологічної ємності і один раз на добу – хімічна промивка (розчинами гіпохлориту натрію і соляною кислотою).

При такому очищенні досягаються показники якості очищеної води: мутність менше 0.1; індекс щільності осаду менше 3.0; зниження вмісту вірусів і бактерій на 4 і більше порядку; зниження окисляємості на 65% і більше, зниження за вислих речовин до 0,1-0,2 мг/л, зниження заліза до 0,1 мг/л

Підприємствами вугільної промисловості, наряду з видобутком вугілля, відкачується великий обсяг шахтних вод, що видобуваються попутно і скидаються у водні об'єкти. Шахтні води, що утворюються в процесі виробництва, можна охарактеризувати як техногенний генетичний тип води. Вони формуються з підземних (грунтових) і поверхневих вод. У першу чергу, шахтні води відносяться до ґрунтових, що попадають в шахту при перетинанні гірничими виробками водоносних горизонтів, а також у результаті дренажу підземних вод у вироблений простір з водоносних горизонтів, які знаходяться вище.

У даний час шахтні води очищаються в основному від зважених речовин (ЗР) і бактеріальних домішок. Як правило, очисні спорудження розташовані на поверхні. У їхній склад входять відстійники, ставки-освітлювачі, фільтрувальні установки, вузли знезаражування води, реагентної обробки та ін. Але гострою екологічною проблемою вугільної промисловості є демінералізація шахтних вод. Науково-дослідні роботи у цьому напрямку ведуться, але стадії широкого впровадження ще не досягли. Тому для рішення цієї екологічної проблеми у гірничодобувній промисловості необхідно здійснити модернізацію і технічне переозброєння підприємств країни, розробити і впровадити нові технологічні схеми очищення шахтних вод.

Аналіз роботи наземних очисних споруджень показує, що технічним рішенням освітлювання шахтних вод у наземних умовах властиві великі недоліки:

а) складність технологічних схем і конструктивних рішень очисних споруджень;

б) необхідність використання в процесах очищення у великих кількостях дефіцитних і дорогих хімічних реагентів; кварцового піску; сорбентів і інших матеріалів (при цьому реагенти самі є забруднювачами води);

в) висока вартість очисних споруджень (6-15 % основних фондів);

г) недостатня гнучкість їхнього регулювання на умови надходження, що змінюються, забруднених вод на вихід очисних споруджень, а саме на зміну величини витрати (припливу), і особливо кількісного і якісного складу домішок, забруднених вод: при відкачуванні шахтних вод має місце високі питомі навантаження

на роботі площі очисних пристроїв, висока дисперсність зважених часток (до 70 % часток мають розмір менш 100 мкм);

г) відсутність простих і надійних рішень по чищенню місткостей і апаратів від залишкових продуктів очищення вод (тобто «хвостів» у виді опадів, фільтратів та ін.), а також по складуванню залишкових продуктів і їхньої утилізації;

д) відтворення значних земельних площ під очисні спорудження.

Зазначені недоліки приводять до двох негативних наслідків, а саме:

по перше, невідповідності проектної ефективності очисних споруджень реальної (як правило, у натурних умовах реальна ефективність значно нижче проектної);

по друге, обмеженню застосування в повному обсязі технологічних схем і споруджень для очищення вод. Освітлення часто обмежується лише однією стадією, а саме відстоюванням у найпростіших горизонтальних відстійниках, причому без застосування реагентів.

Таке положення з освітлення вод порозуміється технічними і технологічними труднощами фільтрування:

швидкої кольматації фільтруючого завантаження і необхідності її частоті регенерації (затримка з регенерацією виводить з ладу фільтруюче завантаження);

неефективністю регенерації фільтруючого завантаження (навіть при ретельній підтримці правил регенерації завантаження поступово виходить з ладу);

дефіцитністю кварцового піску, використовуваного як фільтруюче завантаження, і відсутністю повноцінних заміників піску.

Досвід же експлуатації поверхневих одностадійних відстійних споруджень показує, що ефективність їхньої роботи недостатня для одержування умовно чистих вод, яка складає на практиці 20 ÷ 40 %. Тому необхідне удосконалення відомих і розробка нових методів і технологічних схем освітлювання шахтних вод. Щоб знизити витрати на будівництво очисних споруджень, зменшити земельні відводи під будівничі площадки і підвищити ефективність роботи очисних споруджень необхідно прагнути до недопущення надмірного забруднення шахтних вод і освітлюванню їх у всіх ланках каналізування від діючих очисних і підготовчих вибоїв до поверхні, а також необхідно посилити профілактичні заходи, які спрямовані на попереднє зменшення або на повне запобігання забруднення шахтних вод в околиці первинних джерел їхнього утворення.

Профілактичні заходи, запобігаючи або зменшуючи забруднення вод, роблять в одних випадках непотрібним будівництво очисних споруджень, а в інших випадках зменшують навантаження на них, а тим самим упорядковують їхню роботу, підвищують ефективність і надійність, зменшують габарити споруджень.

З цих позицій доцільним є перенос операцій по освітленню (відстоюванню) шахтних вод з поверхні в підземні умови.

За рахунок запропонованих рішень знижується обсяг підземних водозбірників на 30 % і зменшуються капітальні витрати на їхнє будівництво на 40-50 %, підвищується надійність роботи технологічних ланок і ліквідується система гідравлічного очищення водозбірників, що включають вуглесосні агрегати, пульповоди і пульпоперекачні станції на верхніх обряях шахт.

Зниження забруднення шахтних вод зваженими речовинами в підземних умовах дозволяє отримати значний економічний ефект:

в результаті вживання умовно чистих вод на технологічні потреби шахти;

за рахунок скорочення об'ємів будівництва очисних споруд в підземних умовах;

за рахунок використання обезводненого осаду як низькосортне паливо, а також добавка до товарного вугілля.

Область використання шахтних вод під землею: пожежегасіння; пилепридушення; гідрозакладка виробленого простору; гідродобича вугілля та гідротранспорт; підземне збагачення.

Переваги підземного очищення шахтних вод: повторне використання очищених шахтних вод на технологічні потреби; скорочення споживання чистої води; економія електроенергії на підйом води на поверхню; поліпшення роботи, зменшення зносу насоса водовідливу.

Підземне очищення шахтних вод дозволяє знизити розміри відстійників на поверхні на 15-20 %, а використання запропонованих технічних рішень стосовно до них збільшує екологічну безпеку підприємства, знижує розміри штрафів за забруднення навколишнього середовища на 40 %.

Осадження зважених часток шахтних вод у підземних умовах дозволяє одержати економічний ефект за рахунок зниження експлуатаційних витрат на очищення водозбірників, використання підземних вод на технологічні нестатки й утилізація збезводненого шламу.

Застосування підземного очищення шахтних вод створює умови для роботи устаткування шахтного водовідливу на очищеній воді, і використовувати водозбірник як її акумулятор, при цьому забезпечуються нормальні умови ведення гірських процесів по видобутку вугілля, і підвищується безпека шахт.

Розрахунок параметрів відстійників на поверхні вугільних шахт приводить виявлення залежності часу, довжини шляху осадження зважених часток від температури, щільності, швидкості руху води й інших факторів, що дозволяють обґрунтувати технологічні параметри відстійників.

Схема підземного очищення шахтних вод. Для одержання технічної води для шахти «Білозерська» передбачається використання очищеної шахтної води [3]. На шахті прийнята технологія підземного очищення шахтних вод, розроблена в ДонНАСА.

До складу технології входять: установка для очищення шахтної води з відкритим гідроциклоном (ВГЦ) і волокнистим багатосекційним фільтром (ВБСФ), осадкоушільнювач (ОУ), розчинно-витратний бак флокулянта (РВБФ) з дозатором.

Шахтна вода з нижнього горизонту під тиском підводиться по трубах тангенційно до баку ГЦ, у якому осаджуються найбільш великі домішки. До технологічної схеми включено гідроциклон нової моделі, марки ГЦД-150, який осаджує не тільки великі домішки, але й домішки середнього розміру. У водозбірну воронку гідроциклону вводиться розчин *реагенту*, який перекачується з бака РВБФ.

До реагентного господарства для додаткового очищення води відносять наступні види господарств: флокулянтне господарство, вапняне господарство, сольове господарство, господарство гіпохлориту натрію.

Флокулянтне господарство. У флокулянтному господарстві використовується реагент флокотон, що поставляється у вигляді гелію у бочках. Вміст бочки розвантажуються в розчинно-розхідний бак і заливається технічною водою.

Для розчинення флокулянта на дні бака встановлюються дірчасті труби, крізь які подається стиснене повітря від повітродувки. Після розчинення флокотона й одержання його розчину необхідної концентрації, здійснюється дозування розчину насосом-дозатором. Віддозований розчин реагенту – флокотона змішується зі стічними водами у трубопроводі перед ТВ.

Періодично розчинно-розхідний бак чистять від зважених опадів, скидають його в каналізацію.

Все реагентне господарство перебуває у закритому приміщенні.

Флокулянти дозволяють: максимізувати якість води при мінімізації температури відстоювання й виключити перенос часток; досягати запланованої продуктивності при менших витратах; збільшити продуктивність без капітальних витрат; мінімізувати проблеми, пов'язані з видаленням відходів.

Вапняне господарство. У вапняному господарстві вапно складається в баці мокромо зберігання, а вода надходить від резервуара технічної води й розділяючись йде у бак мокромо зберігання й у бак-мішалку. З бака мокромо зберігання переважується грейфером вапняне тісто в бункер вапногасилки і в вапногасилці відбувається помел комового вапна й гасіння її технічною водою. Далі погашене вапно надходить у бак вапняного молока, а звідти насосом відкачується у бак-мішалку. З бака-мішалки вапняне молоко надходить у дозатор, звідки частина вапняного молока повертається у бак-мішалку, а частина направляється на підлуживання в освітлювач типу ВТІ. Вапно призначене для видалення карбонатної твердості.

Сольове господарство. У сольове господарство вода надходить від резервуара фільтрованої води в бак мокромо зберігання солі, потім крізь дірчасту трубу насосом відкачується у фільтр-солерозчинник, звідки надходить у мерник розчину солі, а потім крізь ежектор відправляється на Na-катіонітовий фільтр і на електролізні установки.

Господарство гіпохлориту натрію. Хлорування – найпоширеніший спосіб знезараження води. Використовують хлорне вапно, хлор і його похідні, під дією яких бактерії і віруси, що знаходяться у воді, гинуть в результаті окислення речовин

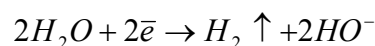
Гіпохлорит натрію (ГПХН) - зберігає всі переваги хлорування даний метод знезараження дозволяє уникнути основної труднощі - роботи з високотоксичним газом.

Основні переваги гіпохлориту натрію: відносно безпечний при зберіганні і використанні; ефективний проти більшості хвороботворних мікроорганізмів; окисляє залізо і марганець; запобігає зростанню водоростей і біообрастаній; має здатність консервувати знезаражуючий ефект протягом тривалого часу транспортування води по трубах.

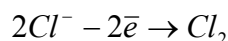
Хлораторні станції, переобладнані на гіпохлорит натрію, не підлягають контролю з боку інспектуючих органів. Таким чином, гіпохлорит натрію (марки "А") є найбільш переважним реагентом на стадії попереднього окислення і для стерилізації води в кінці обробки перед подачею її в розподільну мережу.

У господарстві гіпохлориту натрію гіпохлорит натрію одержують електрохімічним шляхом за допомогою електролізу розчину повареної солі, а вода надходить від насоса, з бака мокромо зберігання солі у видатковий бак солі з додаванням у нього механічної води з резервуара фільтрованої води. З видаткового бака солі розчин солі надходить на електролізер, у якому за допомогою електродів утворюється розчин гіпохлориту натрію.

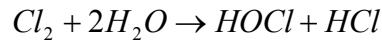
На катоді протікає реакція:



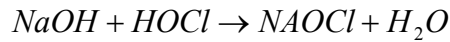
На аноді відбувається розряд іонів хлору



Далі відбувається гідроліз хлору



В остаточному підсумку утвориться гіпохлорит натрію NaOCl



Розчин гіпохлориту натрію надходить у видатковий бак гіпохлориту натрію, а потім крізь насос-дозатор надходить у воду.

Оброблену реагентом шахтну воду після повітровідокремлення у баці ГЦ фільтруєть зигзагоподібно крізь волокнисту насадку баків ВБСФ, очищається при цьому від суспензій і з останнього бака розділяється по трубі до приствольного двору, де знезаражується і надходить у внутрішній трубопровід або направляється у водозбірники.

Найліпшим варіантом технологічної схеми очищення шахтних вод є поєднання цих двох схем - поверхнєве та підземне очищення. Тобто, очищення від крупних завислих речовин та попереднє знезараження шахтних вод за допомогою підземної очистки та ретельне очищення – за допомогою поверхнєвої очистки на ультра фільтраційної установці та відправка води споживачеві [4].

На шахті прийнята реагентна схема очищення шахтних вод з обробкою розчином катіонного флокулянта. Розчин готується в реагентном господарстві й вводиться у воду після ВГЦ за допомогою шайбового вузла введення, що одночасно є змішувачем. Оброблена флокулянтном шахтна вода надходить на тонкошарові відстійники конструкції ДонВУГІ. За довжиною відстійника вихідна вода розподіляється дірчастою трубою й надходить у вихрову камеру хлоп'єутворення, у якій утворюються великі пластівці (агрегати флокулянтів з тонкодисперсними суспензіями). Вода із пластівцями проходить крізь тонкошарові накопичені канали, у яких суспензії випадають в осад. Прояснена вода збирається зверху дірчастими затопленими трубами й виділяється з відстійника.

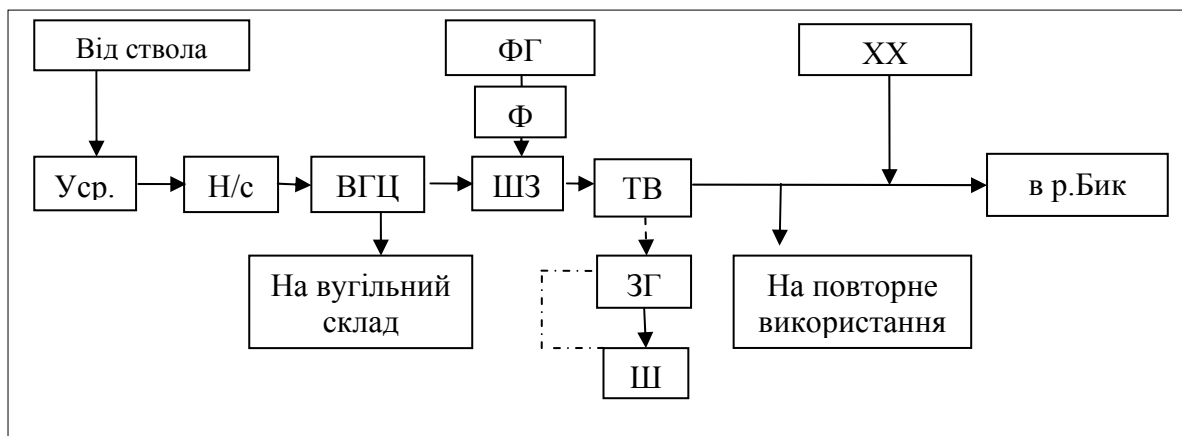


Рис. 3. Блок-схема очищення шахтних вод

Уср. – усреднювач шахтних вод; ТВ – тонкошаровий відстійник;

Н/с – насосна станція; ФГ – флокулянтне господарство;

ВГЦ – відкритий гідроциклон; ЗГ – згущувач;

ШЗ – шайбовий змішувач; ХХ – хлорне господарство;

→ – очищена вода; -.-> – опади; -.-> – повернення води відділеної від осаду

Осад сповзає стелями відстійних блоків і попадає у зону нагромадження осаду під камерами хлоп'єутворення. Періодично осад із зони дірчастою трубою під гідростатичним тиском виділяється в шламонакопичувач.

Прояснена у відстійниках вода обробляється хлором для знезаражування й скидається у ставок, там розбавляється атмосферними осіданнями для зниження солевмісту, а далі скидається в річку Бик.

Шахтна вода вимагає очищення і видалення домішок. Прийняті способи і споруди для їх видалення представлені на блок-схеми (рис.3). Прийнята на шахті технологічна схема очищення шахтних вод включає в себе дві технологічні схеми – поверхневої та підземної очистки.

У запропонованій блок-схеми відбувається видалення зважених речовин до концентрації 20 г/м^3 , частково віддаляються нафтопродукти до $0,2 \text{ г/м}^3$ і знищуються хвороботворні мікроорганізми.

Продуктивність очисних споруджень шахти дорівнює припливу шахтних вод у добу і становить $10357 \text{ м}^3/\text{добу}$ ($431,5 \text{ м}^3/\text{годину}$), що підтверджує прийняттю на шахті ефективну технологічну сему очищення шахтної води.

Список літератури

1. Волкова Т.П. Аналіз та оцінка впливу промислових підприємств на забруднення ґрунтів Донецької області / Т.П. Волкова, Ю.С. Попова, К.В. Волкова // Проблеми екології. – 2005. – №1-2. – 164 с.
2. Сравнительная оценка ультрафракционных установок при очистке воды. – Режим доступа: <http://www.aqms.ru/kompany/articles/art8.html>
3. Матлак Е.С. Организационно-методические аспекты процесса вовлечения попутно-добываемых шахтных вод в хозяйственное водоснабжение Донбасса / Е.С. Матлак, Ю.Ю. Рудакова, М.В. Жилин // Загальнодержавний науково-технічний журнал «Проблеми екології». – 2008. – № 1-2. – С. 121.
4. Физико-химические основы технологии осветления и обеззараживания шахтных вод: монография / В.К. Костенко, Е.С. Матлак и др.; под общ. ред. Костенко В.К. – Донецк: "ВИК", 2009. – 438 с.

Надійшла до редколегії 26.04.2012

Д. Д. Выговская, Д. Д. Выговский, Т. П. Пикульова

Донецкий национальный технический университет

ОПЫТ ОЧИЩЕНИЯ ШАХТНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «БЕЛОЗЕРСКАЯ»

В статье рассмотрен опыт очистки шахтных вод поверхностным и подземным способом на примере шахты «Белозерская».

Ключевые слова: шахтные воды, загрязнения, очистка, осветление воды, повторное использование воды, экологическая среда.

D. D. Vygovska, D. D. Vyhovsky, T. P. Pikulova

Donetsk National Technical University

MINE WATER PURIFICATION IN CASE OF MINE «BILOZERSKA»

In the article the experiment of purification of mine waters by superficial and underground way on the Belozerskaya mine example is considered.

Keywords: mine waters, pollution, cleaning, water clarification, water reuse, ecological environment.